



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>7</sup> : <b>H01L 21/28, 29/423, 29/49</b>	<b>A1</b>	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 00/57461</b> (43) Date de publication internationale: 28 septembre 2000 (28.09.00)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR00/00640 (22) Date de dépôt international: 16 mars 2000 (16.03.00) (30) Données relatives à la priorité: 99/03469 19 mars 1999 (19.03.99) FR (71) Déposants (pour tous les Etats désignés sauf US): FRANCE TELECOM [FR/FR]; 6, place d'Alleray, F-75015 Paris (FR). COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; 31-33, rue de la Fédération, F-75015 Paris (FR). (72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): SKOTNICKI, Thomas [FR/FR]; 105, rue de la Ferme, F-38920 Crolles Montfort (FR). JURCZAK, Malgorzata [FR/FR]; 3bis, rue Moyrand, Résidence St-Exupéry, F-38100 Grenoble (FR). (74) Mandataire: BUREAU D.A. CASALONGA-JOSSE; 8, av- enue Percier, F-75008 Paris (FR).		(81) Etats désignés: JP, KR, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  Publiée Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A MUSHROOM-SHAPED OR T-SHAPED GATE

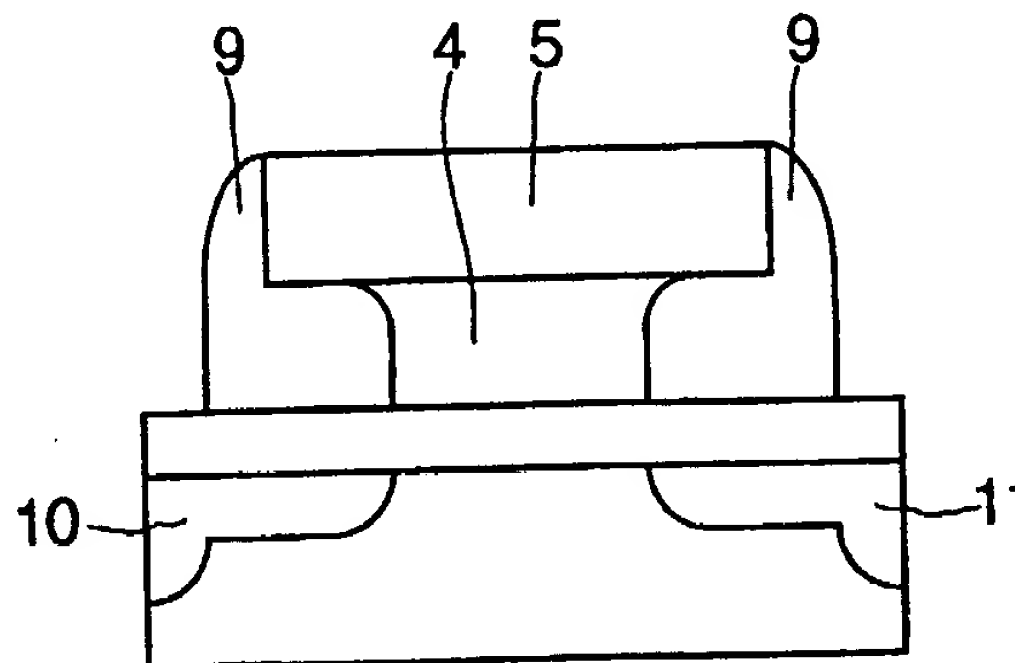
(54) Titre: PROCEDE DE REALISATION D'UNE GRILLE EN FORME DE CHAMPIGNON OU GRILLE EN "T"

## (57) Abstract

The invention concerns a method which consists in: forming on a main surface of a semiconductor substrate covered with a thin oxide film a gate body in conductive material; etching the sides of the gate body to form the foot of the gate in the shape of a mushroom. The invention is applicable to CMOS devices.

## (57) Abrégé

Le procédé comprend: la formation sur une surface principale d'un substrat semi-conducteur recouvert d'une mince couche d'oxyde de grille d'un corps de grille en matériau conducteur; et la gravure latérale du corps de grille pour former le pied de la grille en forme de champignon. Application aux dispositifs CMOS.



# **UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

## Procédé de réalisation d'une grille en forme de champignon ou grille en "T".

La présente invention concerne d'une manière générale un procédé de réalisation d'une grille d'un dispositif semi-conducteur, et plus particulièrement un procédé de réalisation d'une grille en forme de champignon également dite grille en "T".

5 Dans le domaine des circuits CMOS, tels que les transistors CMOS, pour des applications à des produits fonctionnant en radiofréquence (RF) ou pour le traitement de données, la vitesse de commutation des dispositifs semi-conducteurs utilisés est une caractéristique importante de ceux-ci.

10 Les dispositifs semi-conducteurs à grille en forme de champignon sont bien connus pour leurs avantages en termes de vitesse de commutation.

De tels dispositifs à grille en forme de champignon sont décrits entre autres dans les documents :

15 "A novel self-aligned T-shape gate process for deep submicron Si MOSFET's fabrication (Procédé pour une nouvelle grille en forme de T auto-alignée pour la fabrication de MOSFET à Si submicronique profond)" Horng-Chih Lin et al., IEEE, T. ED-19, janvier 1998, pp. 26-28;

20 "A low-resistance self-aligned T-shape gate for high performance sub-0,1  $\mu\text{m}$  CMOS (grille en forme de T, auto-alignée de faible résistance pour CMOS sub-0,1  $\mu\text{m}$  de haute performance)" Digh Hisamoto et al., IEEE, T. ED-44, juin 1997, pp. 951-956; et

25 "Sub-100 nm gate length metal gate NMOS transistors fabricated by a replacement gate process (Transistors NMOS à grille métallique de longueur sub-100 nm fabriqués par un procédé de

remplacement de grille)", A. Chatterjee et al., IEDM'97, pp. 821-824.

Dans ces publications de l'art antérieur, le principal facteur de l'amélioration de la vitesse de commutation est la réduction de la résistance de grille résultant de l'élargissement dû au chapeau de la grille en forme de champignon.

5 Dans l'article de Horng-Chih Lin et al., la grille-champignon est réalisée par formation d'un pied de grille en silicium polycristallin, dépôt d'une couche de matériau isolant (tétraorthosilicate d'éthyle), aplanissement par polissage mécano-chimique, gravure, dépôt d'une  
10 seconde couche de silicium polycristallin, formation d'espaceur et gravure par faisceau d'ions réactifs.

Dans le mode de réalisation décrit dans l'article de Digh Hisamoto et al., le chapeau élargi de la grille est formé par dépôt en phase  
15 vapeur de tungstène au dessus d'une grille gravée. Du fait de la croissance isotropique du tungstène, on obtient automatiquement un dépôt élargi.

Quant au procédé dit de "remplacement de grille" de l'article A. Chatterjee et al., il s'apparente à un procédé double damascène.

Un inconvénient commun aux trois procédés évoqués ci-dessus est qu'ils n'agissent que sur un seul facteur limitant la vitesse de  
20 commutation, à savoir la résistance de grille, cependant que cette vitesse de commutation est également fortement réduite par les capacités de recouvrement.

En outre, le procédé de Horng-Chih Lin et al. apparaît complexe et difficile à contrôler, cependant que le procédé de Digh Hisamoto et al.  
25 soulève des problèmes de masquage et de fiabilité d'un dépôt de tungstène débordant.

Enfin, la technique décrite dans l'article de A. Chatterjee et al. n'est pas auto-alignée, apparaît également très complexe, nécessitant la  
30 création d'une fausse grille (éliminée ultérieurement) et un polissage mécano-chimique au niveau de la grille.

L'invention a donc pour objet un procédé de réalisation d'une grille en forme de champignon pour un dispositif semi-conducteur, en  
particulier un dispositif CMOS, auto-aligné et remédiant aux  
inconvénients de l'art antérieur.

35 En particulier, l'invention a pour objet un tel procédé de

réalisation d'une grille en forme de champignon permettant d'améliorer plusieurs facteurs influant sur la vitesse de commutation et non pas seulement sur la résistance de grille.

5 Selon l'invention, on fournit un procédé de réalisation dans un dispositif semi-conducteur d'une grille en forme de champignon comprenant un pied surmonté d'un chapeau qui comprend :

- la formation sur une surface principale d'un substrat semi-conducteur recouvert d'une mince couche d'oxyde de grille d'un corps de grille en matériau conducteur; et
- 10 - la sous-gravure latérale du corps de grille pour former le pied de la grille en forme de champignon.

De préférence, la longueur de la sous-gravure latérale, depuis deux côtés opposés du corps de grille est de 5 à 50 nm, mieux de 10 à 40 nm depuis chacun des côtés.

15 Bien évidemment, la sous-gravure latérale est telle qu'elle forme dans la partie supérieure du corps de grille un chapeau plus long que le pied de grille. Ainsi, la hauteur du pied obtenu par sous-gravure latérale représentera de préférence au plus 80% de la hauteur totale du corps de grille. En outre, la hauteur du pied de la grille en forme de champignon sera généralement d'au moins 2 nm.

20 Dans le cas d'un corps de grille homogène, c'est-à-dire que l'ensemble de la grille est constitué par un unique matériau tel que du silicium polycristallin, la sous-gravure latérale du pied de la grille en forme de champignon peut être réalisée par tout procédé de sous-gravure latérale, mais est de préférence localisée par sous-gravure par plasma, en particulier une sous-gravure par plasma en deux étapes comprenant une

25 première étape de sous-gravure au moyen d'un plasma-haute énergie et une deuxième étape de sous-gravure au moyen d'un plasma-basse énergie.

De préférence, dans la mise en oeuvre du procédé de l'invention,

30 on utilise un corps de grille hétérogène, c'est-à-dire un corps de grille constitué d'un empilement d'au moins deux couches superposées de matériaux conducteurs différents et généralement ayant des vitesses de gravure latérale différentes pour un procédé de gravure donné. De préférence, le matériau de la première couche aura une vitesse de gravure

35 latérale supérieure au matériau de la seconde couche.

Comme dans le cas d'une grille homogène, la sous-gravure latérale peut se faire par tout procédé approprié tel qu'une gravure latérale contrôlée au moyen d'une solution appropriée, mais de préférence par gravure plasma et en particulier une gravure plasma comprenant une première étape de gravure avec un plasma haute énergie et une seconde étape de gravure avec un plasma basse énergie.

A titre d'exemple, dans le cas d'un alliage SiGe, la sous-gravure latérale peut s'effectuer après la gravure classique de la grille (masque de résine), en autorisant une gravure latérale contrôlée au cours du retrait du masque de résine dans une solution acide ( $H_2SO_4/H_2O_2$ ) ou encore après la gravure classique de la grille (masque dur), en utilisant une solution chimique sélective par rapport au silicium telle qu'une solution 40 ml  $HNO_3$  70% - 20 ml  $H_2O_2$  - 5 ml HF 0,5%, et même de l'eau pure si la concentration en Ge de l'alliage SiGe est suffisamment importante. Tout de même, de préférence, cette gravure latérale s'effectue par une attaque plasma isotrope sélective par rapport au silicium et à l'oxyde.

Parmi les couples de matériaux utilisables pour l'empilement de grille, on peut citer les couples  $Si_{1-x}Ge_x$  ( $0 < x \leq 1$ ) / Si ; Si/Si $_{1-x}Ge_x$  ( $0 < x \leq 1$ ) ; Si $_{1-x-y}Ge_xC_y$  ( $0 < x \leq 0,95$ ,  $0 < y \leq 0,05$ ) / Si, Si/Si $_{1-x-y}Ge_xC_y$  ( $0 < x \leq 0,95$ ,  $0 < y \leq 0,05$ ), Si dopé P<sup>+</sup> / Si dopé N<sup>+</sup>, Si dopé N<sup>+</sup> / Si dopé P<sup>+</sup>, Si/métal, métal/Si et métal/métal.

La suite de la description se réfère aux figures 1 à 4 annexées qui représentent schématiquement les étapes principales d'une mise en oeuvre du procédé de l'invention pour la réalisation d'une grille-champignon hétérogène.

Comme le montre la figure 1, on commence par former de manière classique, par dépôt et gravure, sur un substrat semi-conducteur 1, par exemple en silicium, ayant une face principale recouverte d'une couche d'oxyde de grille ( $SiO_2$ ) 2, un corps de grille hétérogène 3 constitué d'une couche inférieure d'un premier matériau 4, par exemple en alliage Si $_{1-x}Ge_x$  et d'une couche supérieure d'un second matériau 5, par exemple du silicium. Les couches inférieure et supérieure du corps de grille 3 peuvent être classiquement déposées par exemple par dépôt chimique en phase vapeur.

L'étape suivante, illustrée à la figure 2, consiste à former, par



gravure latérale, des cavités 6 dans la couche inférieure 4 sur des côtés opposés à celle-ci.

Comme indiqué précédemment, cette gravure latérale s'effectue de préférence par gravure plasma.

5 On procède alors comme le montre la figure 3 à une implantation classique de dopants pour former des jonctions 7 et 8 faiblement dopées (jonctions LDD), puis comme illustré à la figure 4, à la formation des espaceurs 9 et à une implantation de dopants pour réaliser les régions de source et de drain 10 et 11 de manière classique.

10 Dans le contexte d'une technologie à dimension caractéristique égale à la longueur de la couche Si supérieure, le procédé de l'invention de réalisation d'une grille-champignon, on obtient les avantages suivants :

- un recouvrement très réduit grille/jonction d'où une réduction des capacités de recouvrement;
- 15 - une résistance de grille inchangée dans le cas d'une grille siliciurée;
- une déplétion grille PMOS réduite du fait d'une meilleure activation du dopant (bore) dans l'alliage  $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  par rapport au Si;
- un dopage du canal réduit du côté PMOS (par exemple pour une grille SiGe duale  $\text{P}^+/\text{N}^+$ ).
- 20

Dans le contexte d'une technologie à dimension caractéristique égale à la longueur de la couche  $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  :

- le recouvrement grille/jonction réduit (capacités  $\text{C}_{\text{gs}}$  et  $\text{C}_{\text{gd}}$  réduites);
- 25 - la résistance grille réduite et la siliciuration, grille plus facile du faite de l'élargissement;
- la déplétion grille PMOS réduite du fait d'une meilleure activation du bore dans le SiGe par rapport au Si;
- un dopage du canal réduit du côté PMOS (par exemple par une grille SiGe duale  $\text{P}^+/\text{N}^+$ ).
- 30

## REVENDICATIONS

1. Procédé de réalisation dans un dispositif semi-conducteur d'une grille en forme de champignon comportant un pied surmonté d'un chapeau, caractérisé en ce qu'il comprend :

- 5       - la formation sur une surface principale d'un substrat semi-conducteur recouvert d'une mince couche d'oxyde de grille d'un corps de grille en matériau conducteur ; et
- la gravure latérale du corps de grille pour former le pied de la grille en forme de champignon.

10       2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la longueur de la gravure latérale de chaque côté du corps de grille est de 5 à 50nm, de préférence 10 à 40 nm.

      3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la hauteur de gravure du corps de grille est de 2 nm à 80 % de la hauteur totale du corps de grille.

15       4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le corps de grille est homogène et la gravure latérale s'effectue par gravure par plasma.

20       5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le corps de grille est un empilement hétérogène comprenant une couche inférieure et une couche supérieure en matériau conducteur, le matériau de la couche inférieure ayant une vitesse de gravure latérale supérieure à celle du matériau de la couche supérieure pour un processus de gravure latérale donné.

25       6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que les couples matériau de la couche inférieure / matériau de la couche supérieure sont choisis parmi les couples  $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  ( $0 < x \leq 1$ ) / Si ; Si/ $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  ( $0 < x \leq 1$ ),  $\text{Si}_{1-x-y}\text{Ge}_x\text{C}_y$  ( $0 < x \leq 0,95$ ,  $0 < y \leq 0,05$ )/Si, Si/ $\text{Si}_{1-x-y}\text{Ge}_x\text{C}_y$  ( $0 < x \leq 0,95$ ,  $0 < y \leq 0,05$ ), Si dopé  $\text{P}^+$  / Si dopé  $\text{N}^+$ , Si dopé  $\text{N}^+$  / Si dopé  $\text{P}^+$ , Si/métal, métal/Si et métal/métal.

30       7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le corps de grille est formé par gravure à l'aide d'un masque de résine et la gravure latérale de la couche inférieure du corps s'effectue en même temps que le retrait de la résine.



FIG.1

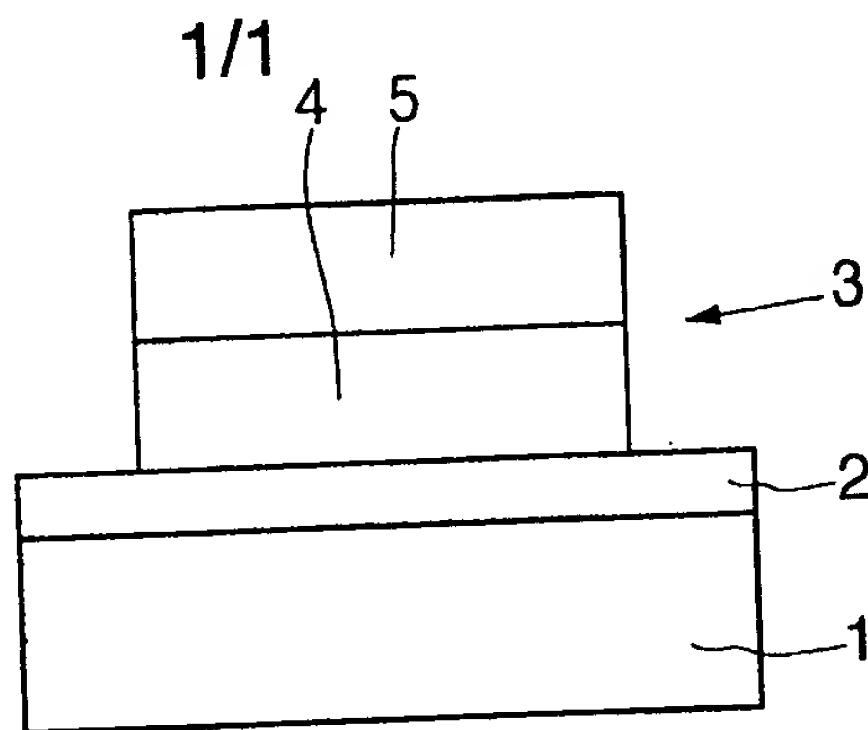


FIG.2

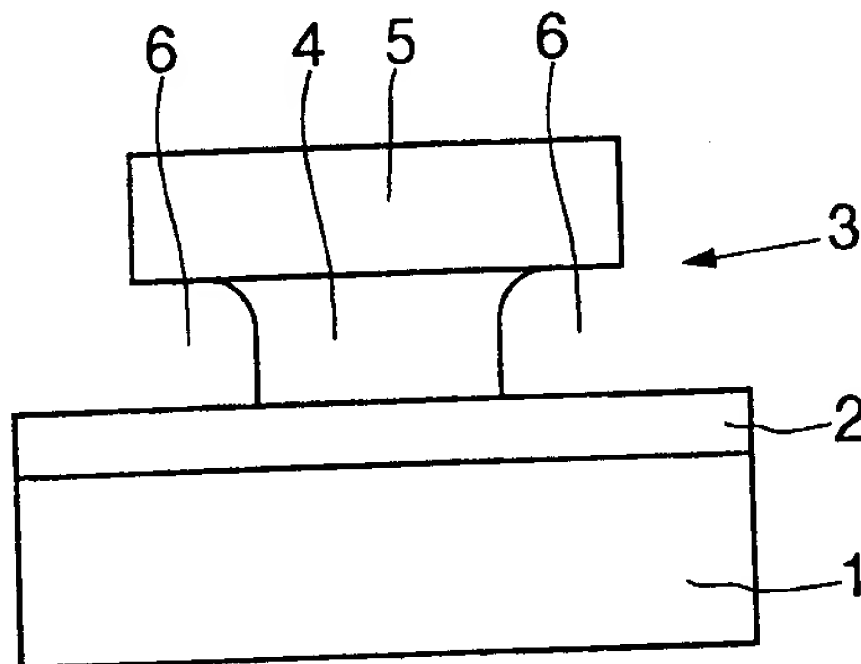


FIG.3

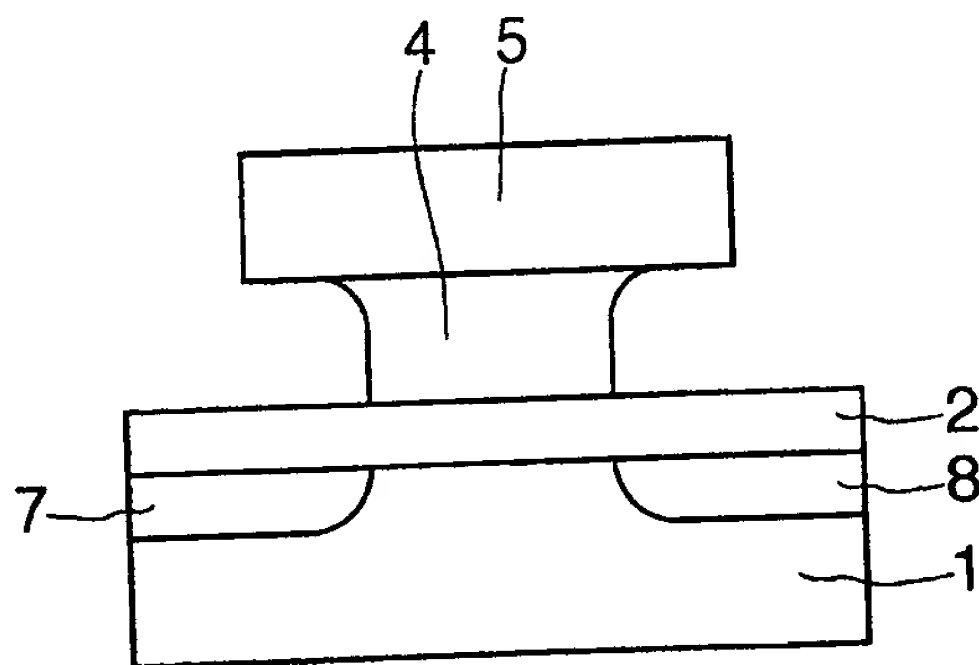
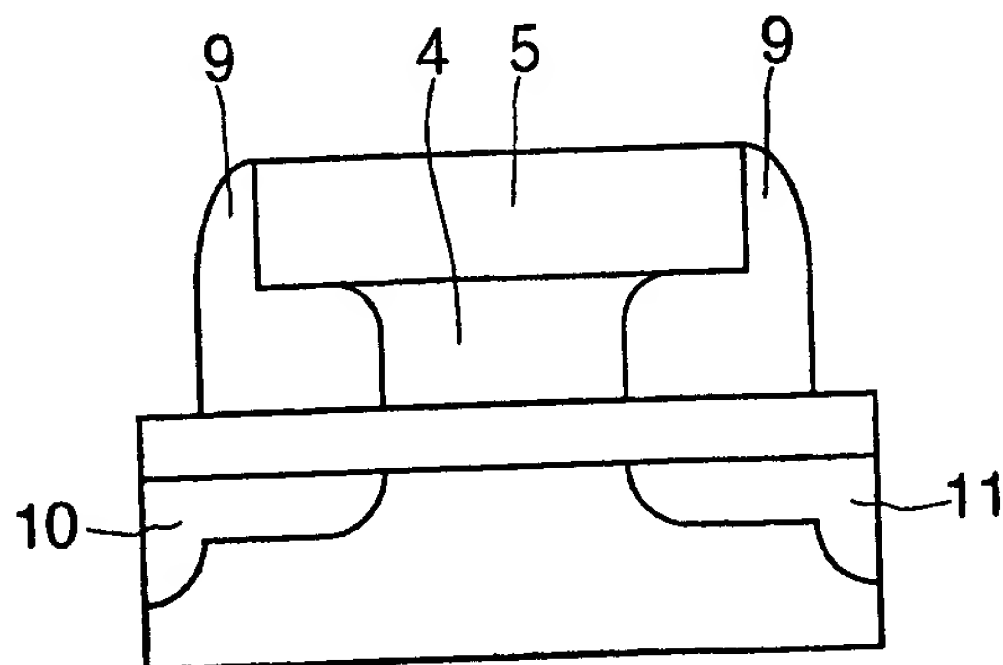


FIG.4



RESEARCH

INTEGRATED IAM

SERVICES

INSIDE DELPHION

[My Account](#) | [Products](#) | [News](#) | [Events](#)

Search: [Quick/Number](#) [Boolean](#) [Advanced](#)

## The Delphion Integrated View

[Buy Now:](#) [PDF](#) | [More choices...](#)

Tools: [Add to Work File](#) | [Create new Work File](#)

[View:](#) [Expand Details](#) | [INPADOC](#) | [Jump to:](#) [Top](#)

[Go to:](#) [Derwent](#)

**Title:** WO0057461A1: METHOD FOR PRODUCING A MUSHROOM-SHAPED OR T-SHAPED GATE

**Country:** WO World Intellectual Property Organization (WIPO)

**Kind:** A1 Publ. of the Int. Appl. with Int. search report

**Inventor:** KOTNICKI, Thomas; 105, rue de la Ferme, F-38920 Crolles Montfort, France  
JURCZAK, Malgorzata; 3bis, rue Moyrand, Résidence St-Exupéry, F-38100 Grenoble, France

**Assignee:** COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, 31-33, rue de la Fédération, F-75015 Paris, France  
[News, Profiles, Stocks and More about this company](#)

**Published / Filed:** Sept. 28, 2000 / March 16, 2000

**Application Number:** WO2000FR0000640

**IPC Code:** H01L 21/28; H01L 29/423; H01L 29/49;

**ECLA Code:** ..01L21/28E2B20; H01L29/49E; H01L21/28E2B4; H01L29/423D2B7B;

**Priority Number:** ..larch 19, 1999 FR1999000003469

**Abstract:**

The invention concerns a method which consists in: forming on a main surface of a semiconductor substrate covered with a thin oxide film a gate body in conductive material; etching the sides of the gate body to form the foot of the gate in the shape of a mushroom. The invention is applicable to CMOS devices.  
[\[Show in French\]](#)

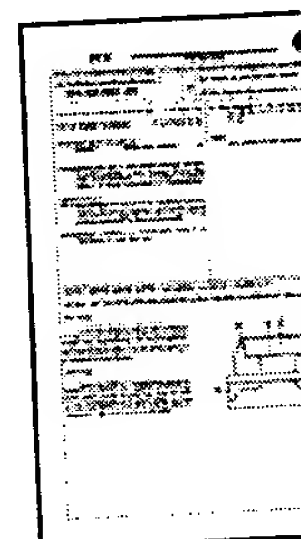
**Attorney, Agent or Firm:** BUREAU D.A. CASALONGA-JOSSE;

**INPADOC Legal Status:** [Show legal status actions](#)

**Designated Country:** JP KR US, **European patent:** AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE

**Family:** [Show 2 known family members](#)

**Other Abstract Info:** ..one



[Nominate](#)

[this for the Gallery...](#)